

# Co stihne světlo za pikosekundu? Měření času s pikosekundovou přesností.



V. Cupal<sup>1</sup>, J. Lískovec<sup>2</sup>, J. Pavlišta<sup>3</sup>, D. Šulc<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Gymn. Jeseník, <sup>2</sup>Gymn. Olomouc Čajkovského 9,

<sup>3</sup>Gymn. Jana Masaryka Jihlava, <sup>4</sup>Gymn. Břeclav

supervisor: Ing. Josef Blažej, PhD.

# Proč jsme měřili?

Cíl: metody měření časových intervalů

Využití měření s pikosekundovou přesností:

- zjišťování vzdálenosti družic nebo Měsíce  
= optický radar
  - při předpovídání zemětřesení
- synchronizace časů na oběžné dráze
  - zpřesňování navigačních systémů (GPS,...)
- při mnoha jiných experimentech

# Moderní metody měření času

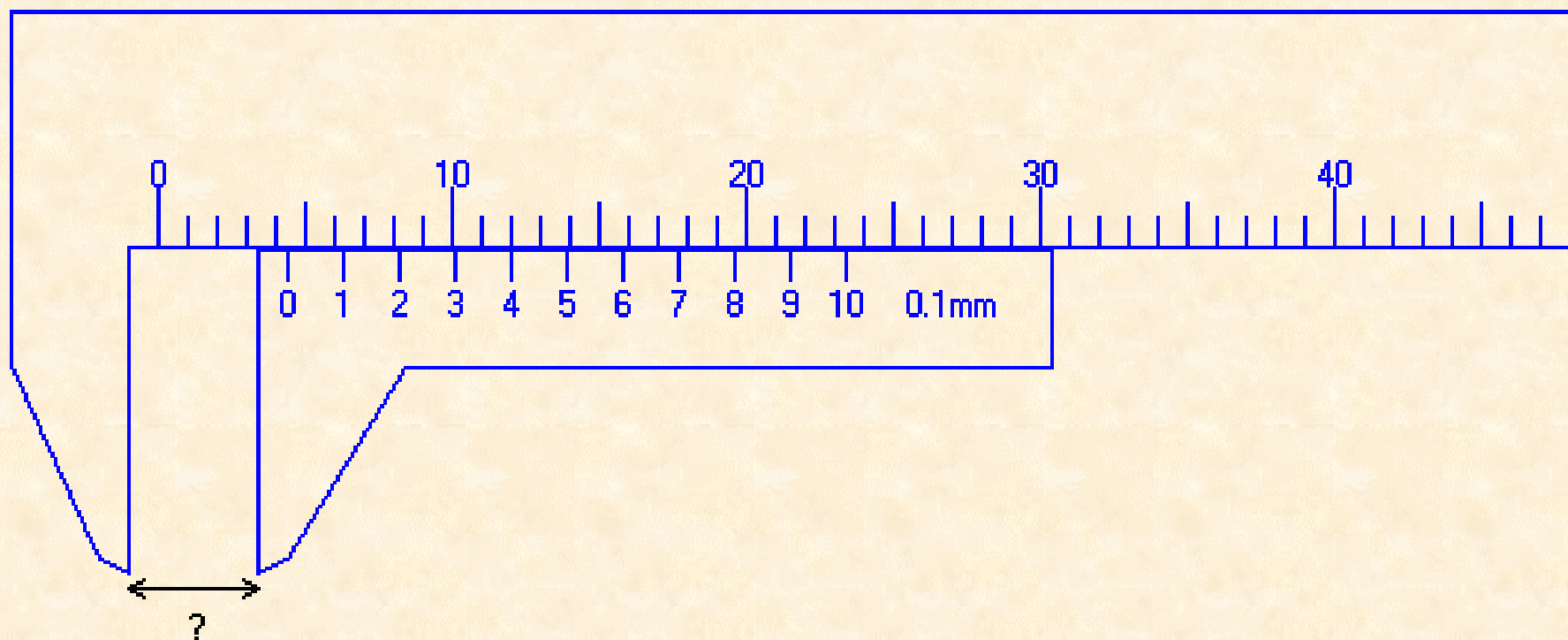
- počítání vln elektrického napětí
- nabíjení kondenzátoru

*Mají svá omezení – přesnost nebo rozsah*

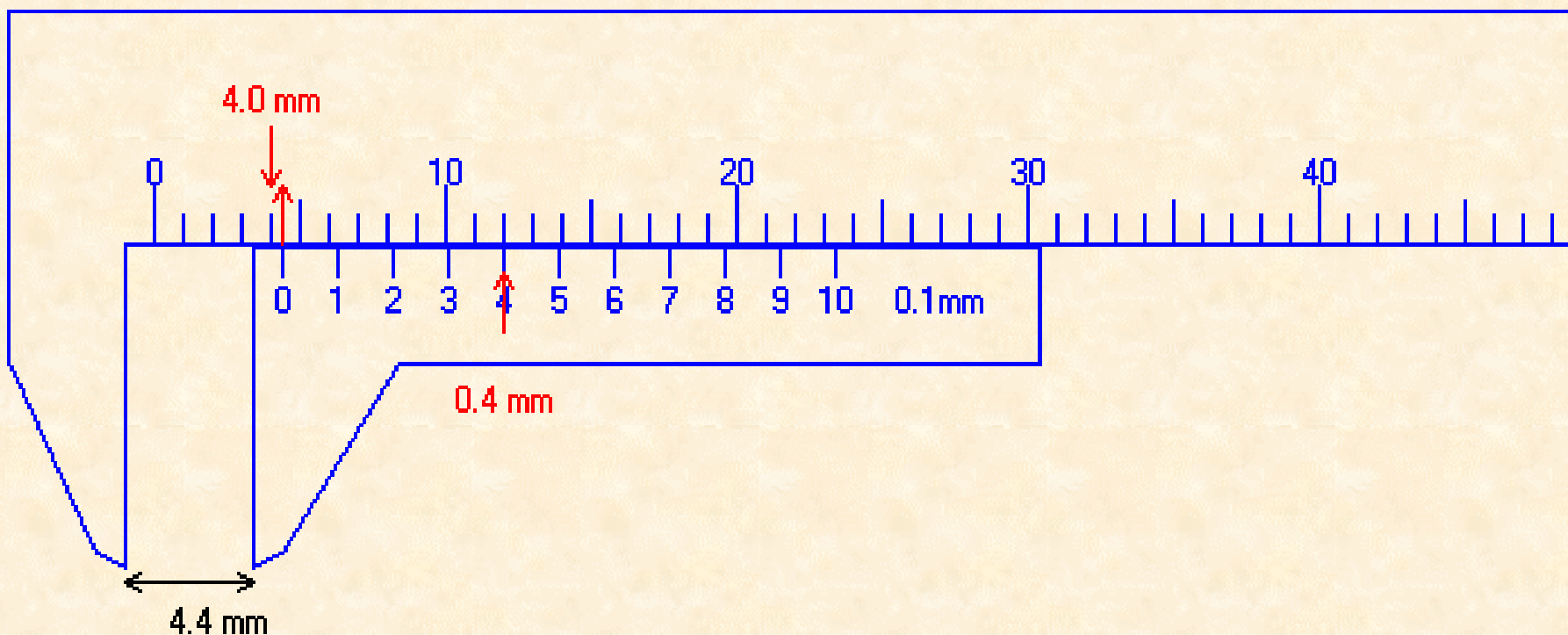
Vernierův princip – posuvné měřítko

– zpřesněné první uvedené metody – princip  
námi použitého čítače

# Vernierův princip

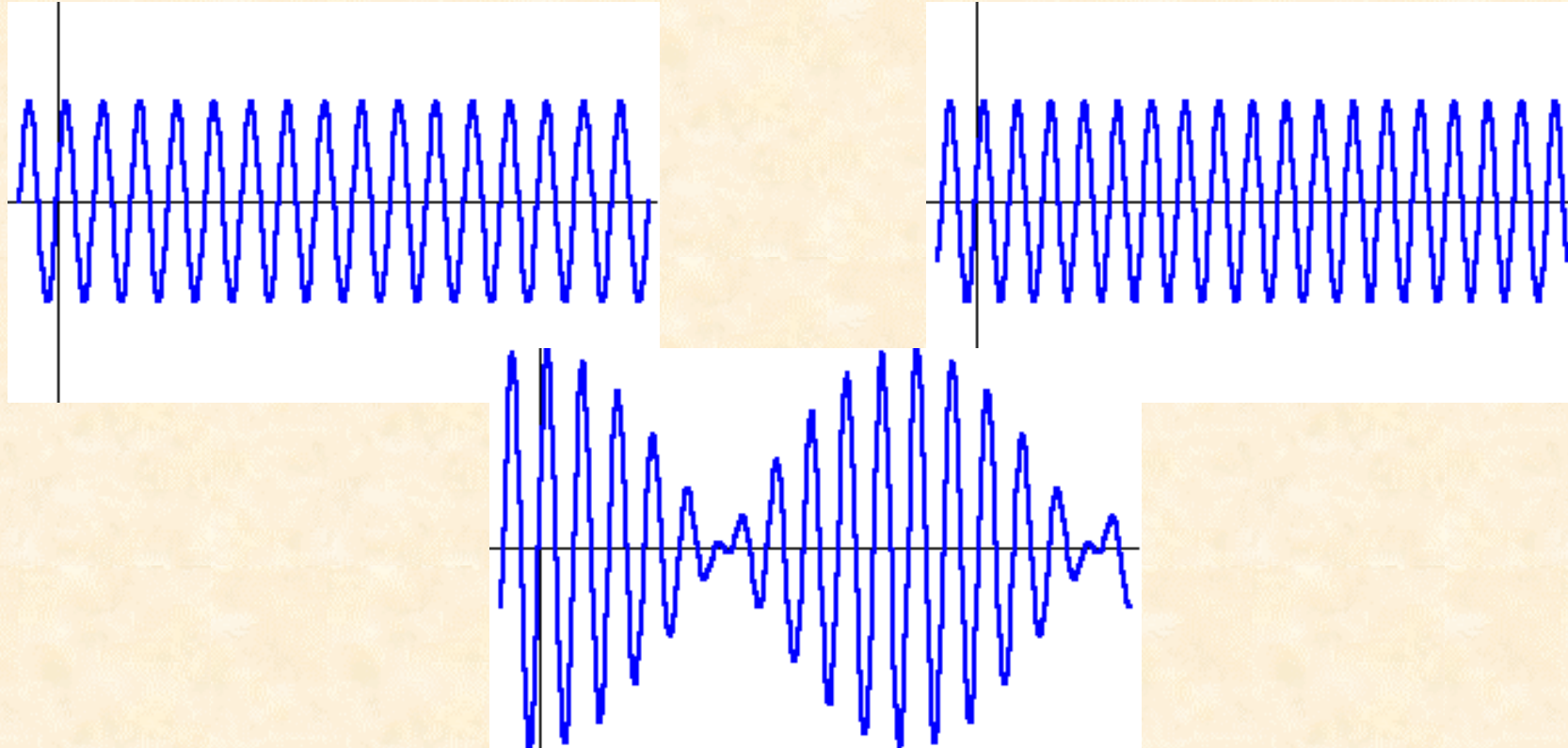


# Vernierův princip



Měření času s pikosekundovou přesností

# Analogie Vernierova principu v akustice nebo elektronice



skládání dvou vln s blízkými frekvencemi - zázněje

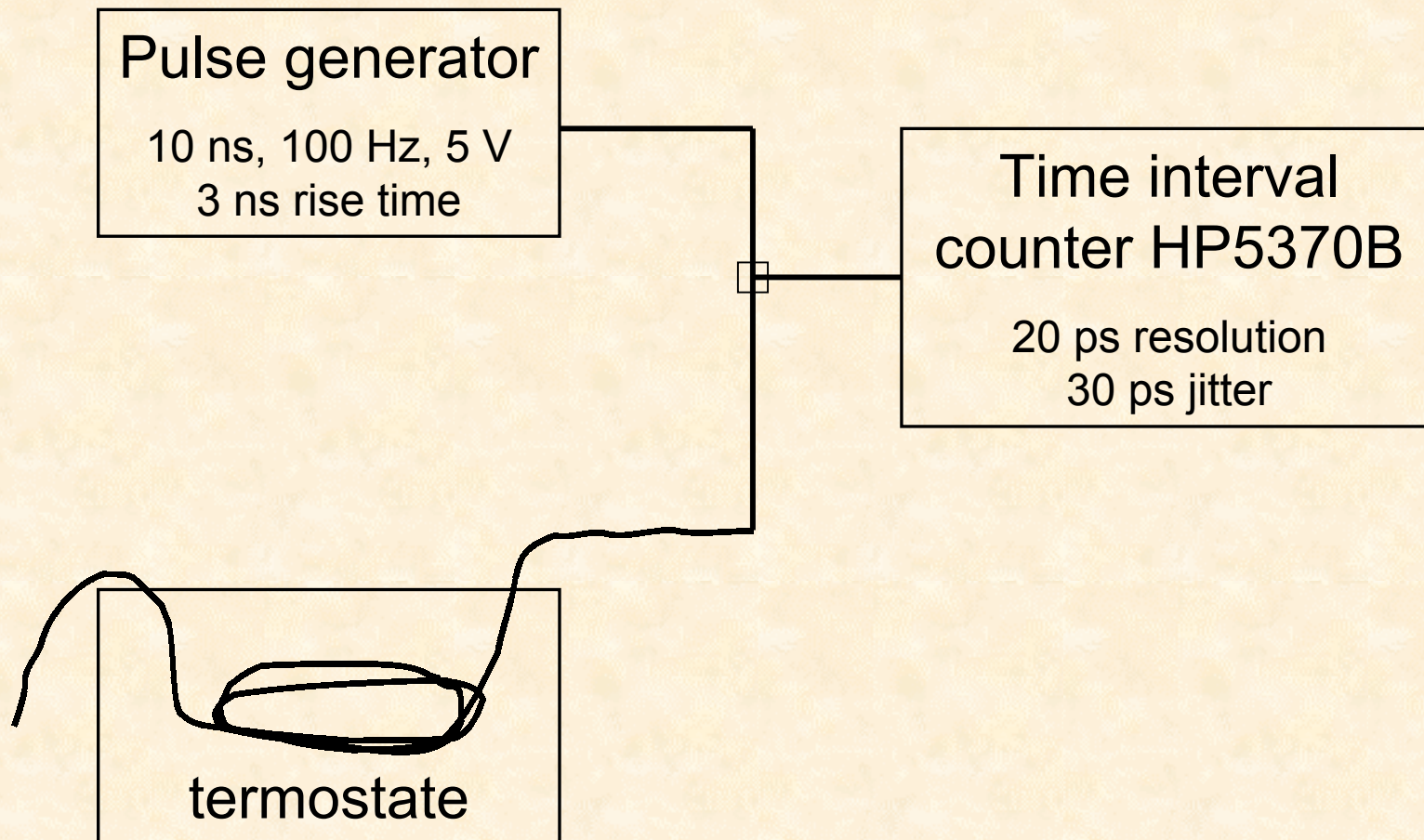
V. Cupal, J. Lískovec, J. Pavlišta , D. Šulc, FT2003, FJFI ČVUT

# Experiment

## Aparatura:

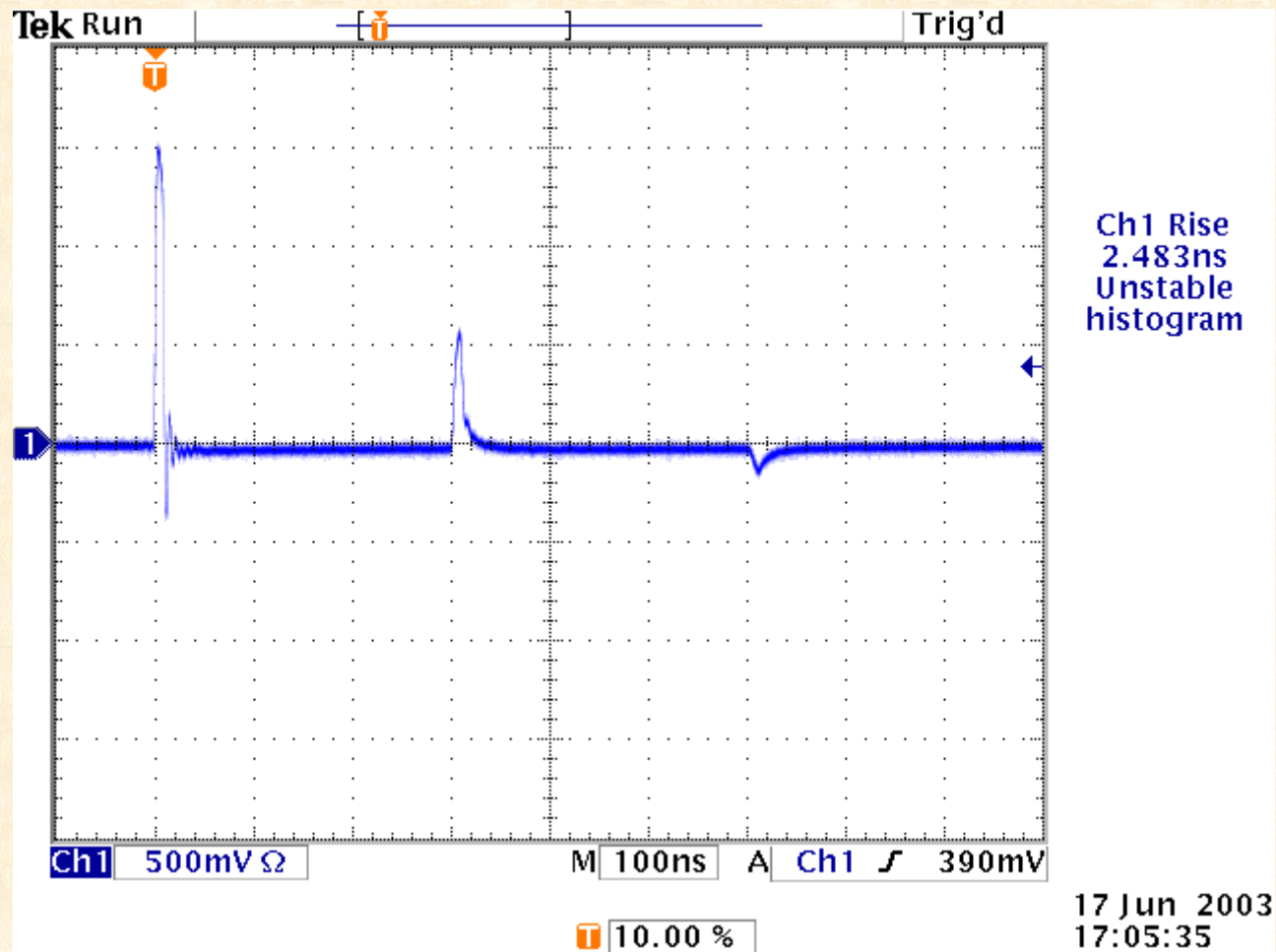
- generátor impulsů
- čítač intervalů času
- termostat + teploměr
- osciloskop
- koaxiální kabel

# Experiment – blokové schéma





# Časový průběh impulsů na vstupu čítače



# Chyby měření-statistika

## Základní typy chyb:

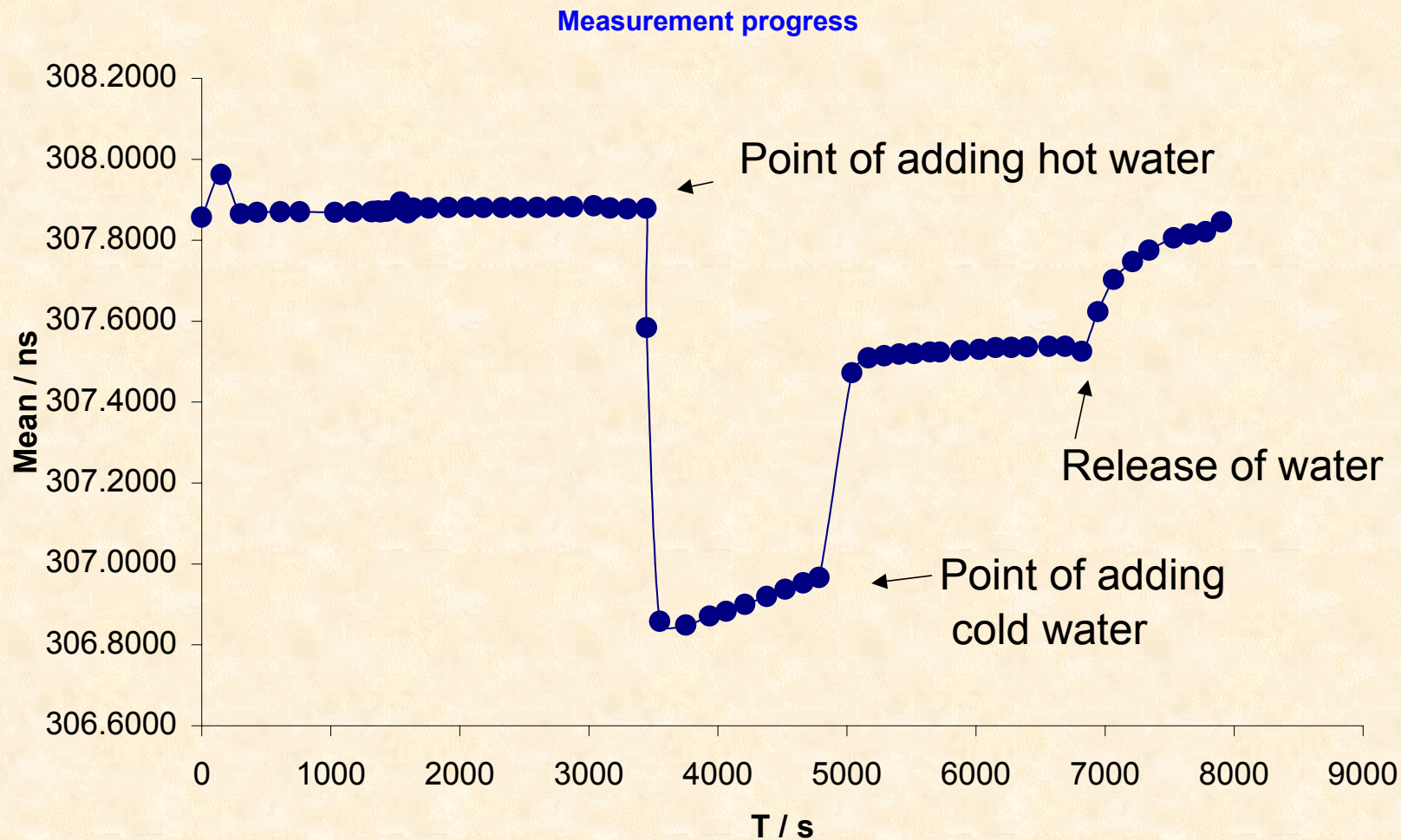
- \* Systematické
- \* Náhodné

## Rozložení chyb:

- \* Pravděpodobnost náhodných chyb – Gaussova křivka
- \* Průměrná odchylka měření:

$$\overline{\Delta x} = \frac{\Delta x}{\sqrt{n}}$$

# Výsledky – celý experiment

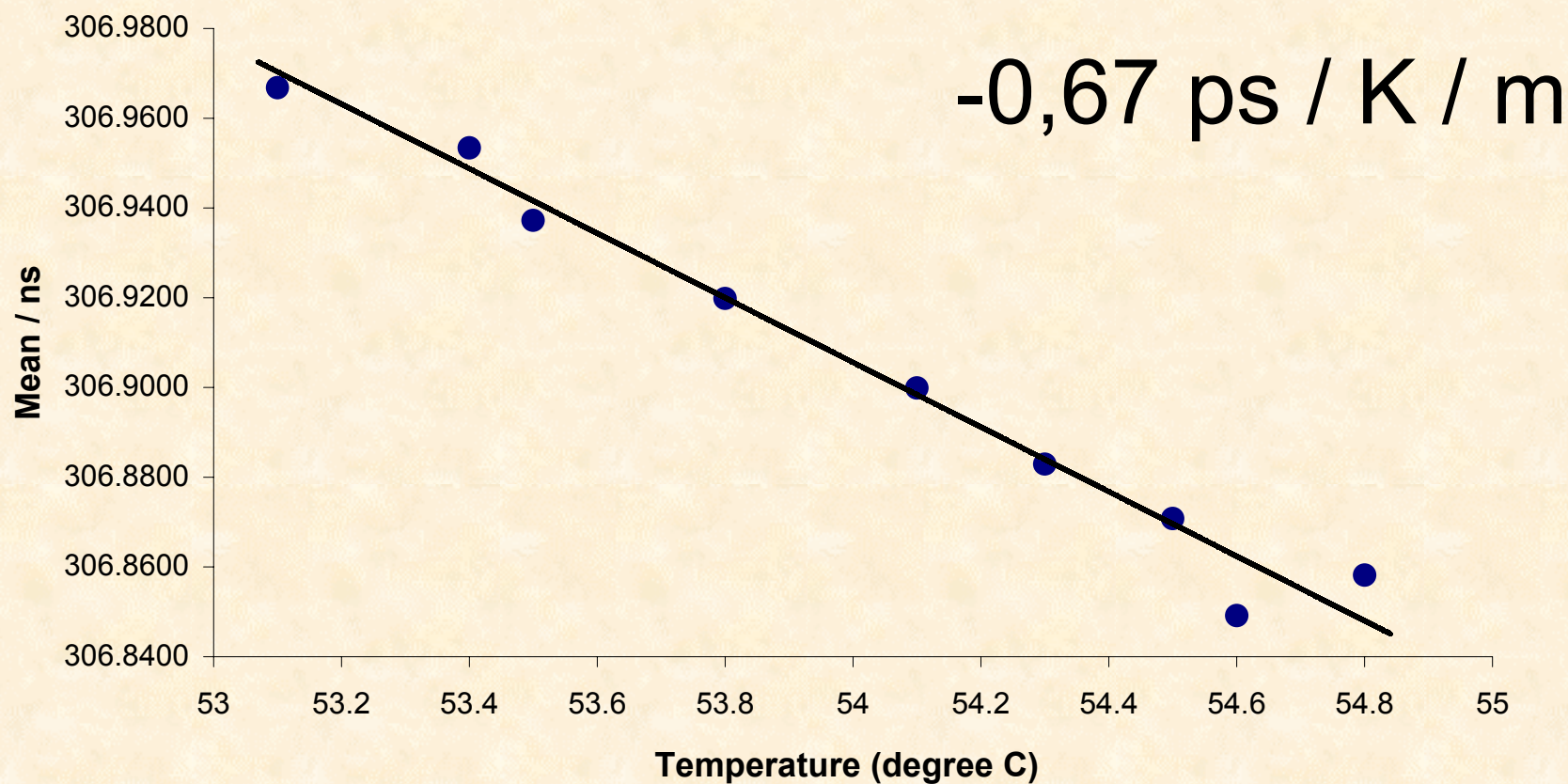


Měření času s pikosekundovou přesností

# Výsledky

## závislost zpoždění na teplotě

Measurement after adding hot water



V. Cupal, J. Lískovec, J. Pavlišta, D. Šulc, FT2003, FJFI ČVUT

# Závěr

- seznámili jsme se se základními elektronickými metodami měření časových intervalů
- změřili jsme teplotní závislost doby průchodu elektrického impulsu koaxiálním kabelem

Měření času s pikosekundovou přesností

# Realizační tým



V. Cupal, J. Lískovec, J. Pavlišta, D. Šulc, FT2003, FJFI ČVUT